

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08167746 A**

(43) Date of publication of application: **25.06.96**

(51) Int. Cl

H01L 41/083

(21) Application number: **06310278**

(22) Date of filing: **14.12.94**

(71) Applicant: **KYOCERA CORP**

(72) Inventor: **FUKUOKA SHUICHI
UCHI KAZUTAKA
ONIZUKA KATSUHIKO**

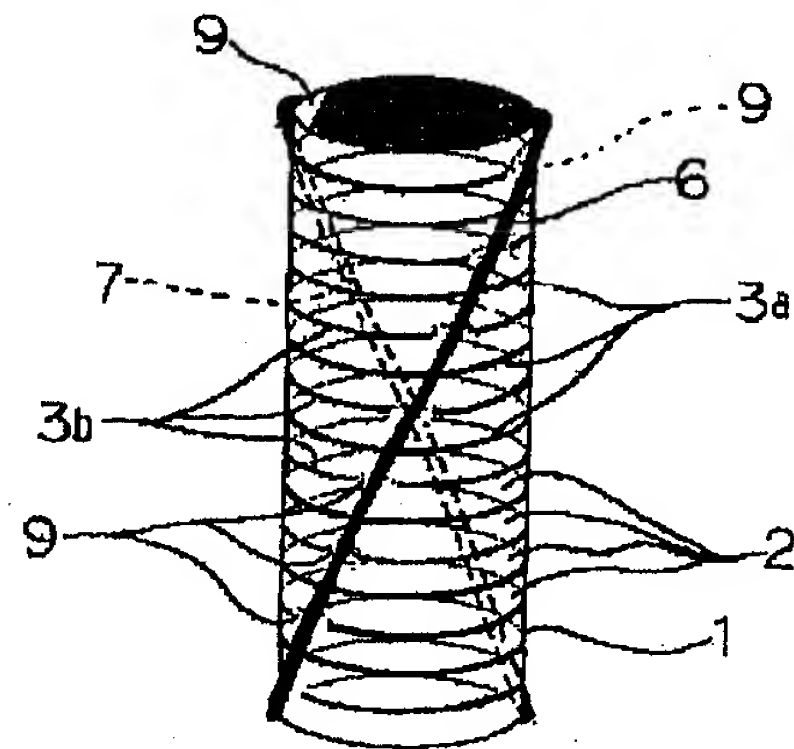
(54) **LAYERED PIEZOELECTRIC ACTUATOR**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a layered piezoelectric actuator that prevents cracks that cause its breakdown and has a long life when driven repeatedly by suppressing the concentration of stress when it is driven.

CONSTITUTION: A pillar shaped layer body 1 is formed by stacking piezoelectric ceramic layers 2 and internal electrode layers alternately, internal electrodes that hold the piezoelectric ceramic layer in between comprise first internal electrode layers 3a and second internal electrode layers 3b, and each of a first external electrode that connects the first internal electrodes and a second external electrode that connects the second internal electrodes are formed on the outer surface of the pillar type layer body 1 spirally.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-167746

(43) 公開日 平成8年(1996)6月25日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

序内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/083

H 0 1 L 41/ 08

Q

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平6-310278

(22) 出願日

平成6年(1994)12月14日

(71) 出願人

000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者

福岡 修一

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者

内 一隆

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者

鬼塚 克彦

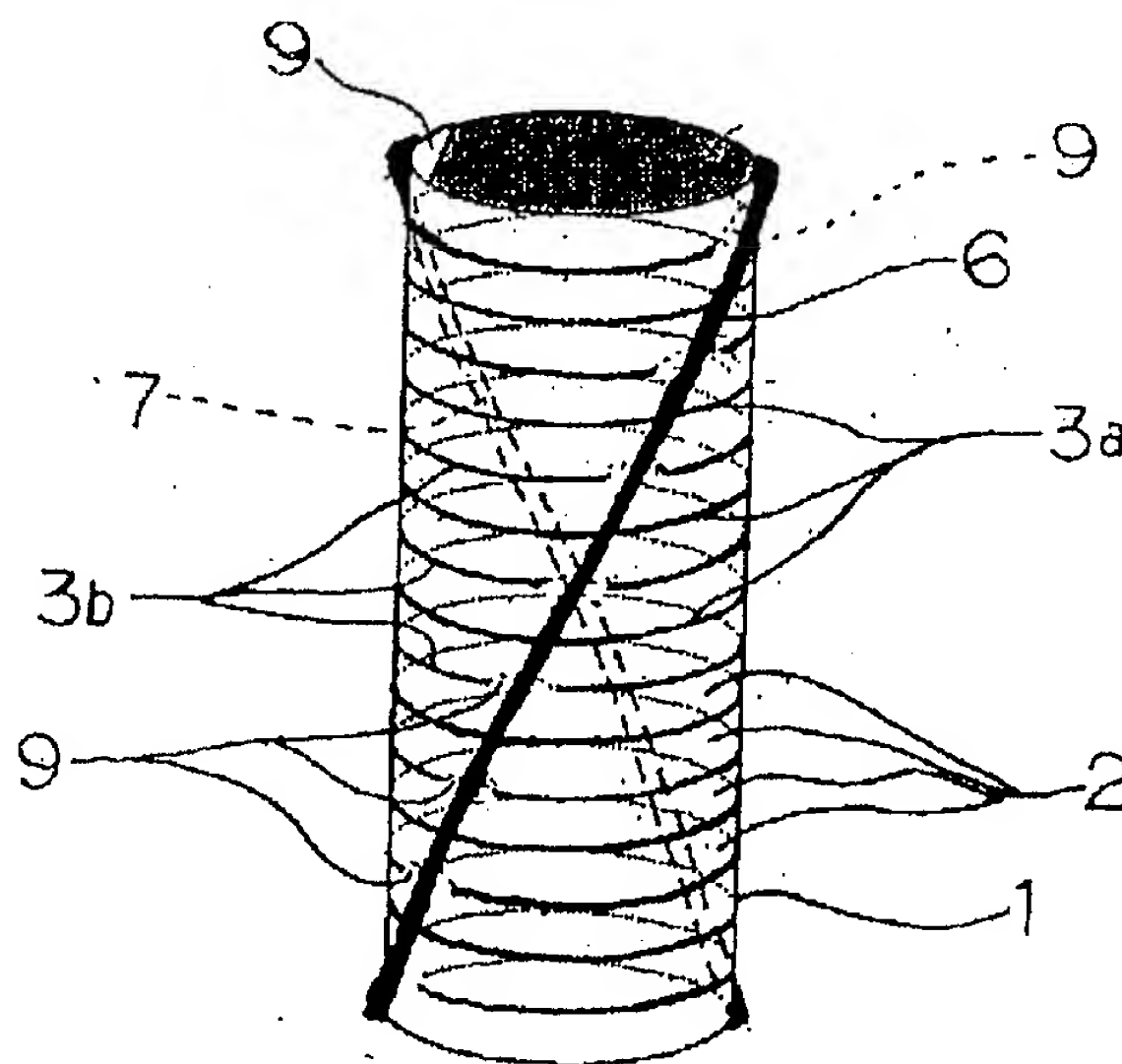
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 駆動時における応力集中を最小限に抑えることで、破壊原因となるクラックの発生を防止し、繰り返し駆動における寿命が長い積層型圧電アクチュエータを提供する。

【構成】 複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層して柱状積層体を形成するとともに、圧電セラミック層を挟持する内部電極層を第1内部電極層および第2内部電極層とから構成し、第1内部電極層同士を電氣的に接続する第1外部電極および第2内部電極層同士を電氣的に接続する第2外部電極を柱状積層体の外周面にそれぞれ螺旋状に形成してなるものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層して柱状積層体を形成するとともに、前記圧電セラミック層を挟持する内部電極層を第1内部電極層および第2内部電極層とから構成し、前記第1内部電極層同士を電氣的に接続する第1外部電極および前記第2内部電極層同士を電氣的に接続する第2外部電極を前記柱状積層体の外周面にそれぞれ螺旋状に形成してなることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに関するもので、例えば、X-Yステージ等の精密位置制御や高速位置制御等に用いられる積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来から、積層型圧電アクチュエータの構造として、積層型セラミックスコンデンサと類似の内部電極を部分電極としたものが知られている。図5はこのような従来の積層型圧電アクチュエータの斜視図を示すもので、符号1は柱状積層体を示している。この柱状積層体1は、複数の圧電セラミック層2と複数の内部電極層とを交互に積層して構成されており、圧電セラミック層2を挟持する内部電極層は第1内部電極層3aおよび第2内部電極層3bとから構成されている。これらの第1内部電極層3aおよび第2内部電極層3bは柱状積層体1の軸方向に交互に形成されている。

【0003】そして、第1内部電極層3a同士は、柱状積層体1の外周面に形成された第1外部電極6により電氣的に接続され、また、第2内部電極層3b同士は、柱状積層体1の外周面に形成された第2外部電極7により電氣的に接続されている。また、第1内部電極層3aおよび第2内部電極層3bは圧電セラミック層2の一部の表面には形成されておらず、無電極部9とされている。これらの第1内部電極層3aと第2内部電極層3bとが対向する部分（活性部分A）と対向しない部分（不活性部分B）が形成されており、活性部分Aが内部電極3a, 3bに電圧を印加した場合に変位する。第1外部電極6および第2外部電極7は、柱状積層体1の積層方向にかつ直線的に形成されている。

【0004】このような積層型圧電アクチュエータでは、内部電極3a, 3bと外部電極6, 7とを一層毎接続できることから、電極形成工程が極めて少なく製造コストを安くできる特徴を有している。

【0005】

【発明が解決しようとする問題点】しかしながら、上記のような積層型圧電アクチュエータでは、図6に示す如く、電圧印加した場合には、活性部分Aは変位するが、不活性部分Bは変位が発生せず、活性部分Aの変位を不活性部分Bが抑制するため、電圧印加を繰り返すと機械

的なたわみが生じ応力集中が発生し破壊し易いという欠点があった。

【0006】また、従来の積層型圧電アクチュエータでは、変位方向と外部電極6, 7の形成方向が一致しているため、大きな変位を得るため積層数を増やすと、柱状積層体1の中央部から積層方向の両端部になるに従い応力集中が著しく大きくなり、この両端部が剥離等破損し易いという問題があった。このため、積層数が制限され、大きな変位が得られ難いという問題があった。

10 【0007】本発明は、かかる従来の問題点に鑑み、駆動時において発生する応力集中を最小限に抑制することにより、破壊原因となるクラックの発生を防止し、さらに駆動時のわずかな引っ張り力や曲げモーメントに対しても破壊に至らない、寿命の長い積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0008】

【問題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層して柱状積層体を形成するとともに、前記圧電セラミック層を挟持する内部電極層を第1内部電極層および第2内部電極層とから構成し、前記第1内部電極層同士を電氣的に接続する第1外部電極および前記第2内部電極層同士を電氣的に接続する第2外部電極を前記柱状積層体の外周面にそれぞれ螺旋状に形成してなるものである。

【0009】

30 【作用】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、内部電極を電氣的に接続する外部電極が柱状積層体の外周面に螺旋状に形成されているため、積層型圧電アクチュエータの変位方向と外部電極との形成方向が異なることになり、また、内部電極の一端部が柱状積層体の外周面に露呈しない無電極部が柱状積層体の外周面に一層毎螺旋状（積層方向に対して非平行）に形成されることになり、発生応力を分散させることができ、従来構造のように一箇所に大きな応力集中をまねくことがない。

【0010】

40 【実施例】本発明の積層型圧電アクチュエータを図面を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の円柱状積層型圧電アクチュエータの一実施例を示すもので、符号1は柱状積層体を示している。この柱状積層体1は、複数の圧電セラミック層2と複数の内部電極層とを交互に積層して構成されており、圧電セラミック層2を挟持する内部電極層は第1内部電極層3aおよび第2内部電極層3bとから構成されている。これらの第1内部電極層3aおよび第2内部電極層3bは柱状積層体1の軸方向に交互に形成されている。

【0011】圧電セラミック層2は、例えば、PZT系のセラミックスからなり、内部電極層3a, 3bは、例えば、銀により形成されている。

50 【0012】そして、第1内部電極層3a同士は、柱状

積層体 1 の外周面に形成された第 1 外部電極 6 により電氣的に接続され、また、第 2 内部電極層 3 b 同士は、柱状積層体 1 の外周面に形成された第 2 外部電極 7 により電氣的に接続されている。これらの第 1 外部電極 6 および第 2 外部電極 7 は、柱状積層体 1 の外周面に螺旋状（積層方向に対して非平行）に形成されている。

【0013】即ち、第 1 内部電極層 3 a および第 2 内部電極層 3 b は圧電セラミック層 2 の一部の表面には形成されておらず、無電極部 9 とされており、この無電極部 9 が螺旋状に形成されることになる。言い換えれば、内部電極 3 a, 3 b と外部電極 6, 7 との接続部が、柱状積層体 1 の外周面に少しずつ位置を変えて螺旋状（積層方向に対して非平行）に形成されている。

【0014】このような積層型圧電アクチュエータは、圧電セラミックス層 2 の片面に、その端面部に露呈しない無電極部 9 と、銀電極材料を焼付けて内部電極層 3 a, 3 b を形成し、その後、無電極部 9 を 1 層毎螺旋状に各々 180 度回転するように、ガラスペースト層を介して圧電セラミックス層 2 を積層し、ガラスが溶融する温度で加圧加熱処理を施し、柱状積層体 1 を形成する。

【0015】そして、一層毎に内部電極 3 a, 3 b が露呈した柱状積層体 1 の外周面に、各々導電性エポキシ系ペーストを螺旋状に塗布して加熱処理し、内部電極 3 a, 3 b を一層毎電氣的に並列接続する外部電極 6, 7 を形成し、この後、分極処理を施すことにより本発明の積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0016】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでは、内部電極 3 a, 3 b を電氣的に接続する外部電極 6, 7 が柱状積層体 1 の外周面に螺旋状に形成されているため、内部電極 3 a, 3 b の一端部が柱状積層体 1 の外周面に露呈しない無電極部 9 が柱状積層体 1 の外周面に一層毎螺旋状に形成されることになり、積層型圧電アクチュエータの変位方向と外部電極 6, 7 との形成方向が異なることになり、発生応力を分散させることができ、従来構造のように一箇所に大きな応力集中をまねくことがない。

【0017】図 2 に、本発明の積層型圧電アクチュエータに電圧を印加した時に生じる変位の模式図を示す。この図 2 から理解されるように、図 6 に示す従来例よりも応力が集中せず、分散していることが判る。

【0018】また、圧電セラミック層 2 間を、ガラスペーストにより全面接合する事から、駆動時に発生する弱い引っ張り力や曲げモーメントに対しても破断する事が無く信頼性が飛躍的に向上する。

【0019】図 3 に、図 1 に示した本発明の積層型圧電アクチュエータと、図 5 に示した従来例の積層型圧電アクチュエータの積層枚数に対する最大主応力を有限要素法を用いて解析した結果を示す。この図 3 によれば、従来例のアクチュエータでは、積層枚数を多くすればする程駆動時の最大主応力が著しく大きくなり破断しやすくなる

のに対し、本発明のアクチュエータでは、積層枚数を増やしても最大主応力の増加が非常に少なく、破断しにくくなり寿命の長い積層型圧電アクチュエータが得られることが判る。即ち、図 2 に示したように、機械的たわみの状態を変え小さくすることで、破壊源となる応力集中も小さくすることができる。

【0020】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータからなる複数のユニットを、軸方向に積層し、これらのユニットを接触界面の全面において接着固定しても良い。

【0021】本発明者等は本発明の効果を確認すべく実験を行った。

【0022】実験例 1

先ず、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(ZrTi)O_3$ 系からなる圧電セラミックスを直径 18 mm、板厚 0.35 mm の円盤状に作製し、その片面に端面部に露呈しない無電極部と、銀電極材料を焼付けて内部電極を形成した。その後、無電極部を 1 層から 140 層まで 1 層毎螺旋状に各々 180 度回転するように、ガラスペースト層を介して圧電セラミックスを積層し、ガラスが溶融する温度 550℃ で約 20 分間、加圧加熱処理を施し 140 層の柱状積層体を得た。

【0023】一層毎に内部電極が露呈した柱状積層体の外周面に、各々導電性エポキシ系ペーストを塗布し、180℃ 1 時間の条件で硬化し内部電極を一層毎電氣的に並列接続する外部電極を形成し、この後、分極処理を施した。

【0024】そして、得られた積層型圧電アクチュエータの軸方向に 10 kPa の与圧を加え、DC 300 V の電圧を印加すると 48 μm の変位が得られた。前記条件下において、0 ~ 300 V の周波数 20 Hz の三角波で連続駆動した結果、 10^8 回においても発生変位の特性劣化は認められなかった。

【0025】これに対して、上述した圧電セラミックス層を用いて、図 1 に示す従来構造の 140 層の積層型圧電アクチュエータを作製した。この従来例の積層型圧電アクチュエータを用いて、上記と同様に実験を行った。DC 300 V の電圧印加に対しては 48 μm の変位が得られたものの、連続駆動においては約 $10^4 \sim 10^6$ 回で変位が急激に低下し破壊に至った。

【0026】従って、本実施例では、従来構造に比べ連続駆動に対する信頼性が大きく改善されていることがわかる。

【0027】実験例 2

チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(ZrTi)O_3$ 系からなる圧電セラミックスを 10 mm 角、板厚 0.35 mm の角盤状に作製し、その片面に端面部に露呈しない無電極部と、銀電極を焼付けして内部電極を形成した。無電極部は一層毎に螺旋状に、即ち、積層体側面における対角線上に形成されるように各層毎その位置はずらしてあり、対向する側面にも同様な無電極部が一層毎螺旋状に形成

されている。

【0028】このような構造を有する70層の柱状積層体を作製し、一層毎に内部電極が露呈した部分に螺旋状に外部電極を形成し、内部電極を一層毎電氣的に並列接続した。このような70層の積層型圧電アクチュエータを2個作製し、これらを軸方向に2個ガラスにより接合し、さらに2個の積層型圧電アクチュエータの外部電極を電氣的に接続し、その後、分極処理を施した。

【0029】この状態の説明図を図4に示す。この図4において、符号13は1ユニットの積層型圧電アクチュエータを示しており、これらの積層型圧電アクチュエータ13はガラスにより接合されている。

【0030】得られた積層型圧電アクチュエータの軸方向に10kPaの与圧を加え、DC300Vの電圧を印加すると47 μ mの変位が得られた。前記条件下において、0~300Vの周波数20Hzの三角波で連続駆動した結果、10⁸回においても発生変位の特性劣化は認められなかった。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、内部電極を電氣的に接続する外部電極が柱状積層体の外周面に螺旋状に形成されているため、積層型圧電アクチュエータの変位方向と外部電極との形成方向が異なることになり、また、内部電極の一端部が柱状積層体の外周面に露呈しない無電極部が柱状積層体の外周面に一層毎螺旋状に形成されることになり、発生応力を分散させることができ、従来構造のように一箇所に大きな応力集中をまね

くことがなく、駆動時に発生する応力集中を最小限に抑制することができ、繰り返し駆動時の破壊現象を大幅に改善できる。それ故、信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の円柱状積層型圧電アクチュエータを説明するための斜視図である。

【図2】図1の円柱状積層型圧電アクチュエータに電圧を印加した時に生じる変位の模式図である。

【図3】本発明の積層型圧電アクチュエータと従来の積層型圧電アクチュエータについて、積層数に対する最大主応力の関係を示すグラフである。

【図4】本発明の他の実施例にかかる四角柱状積層型圧電アクチュエータを説明するための斜視図である。

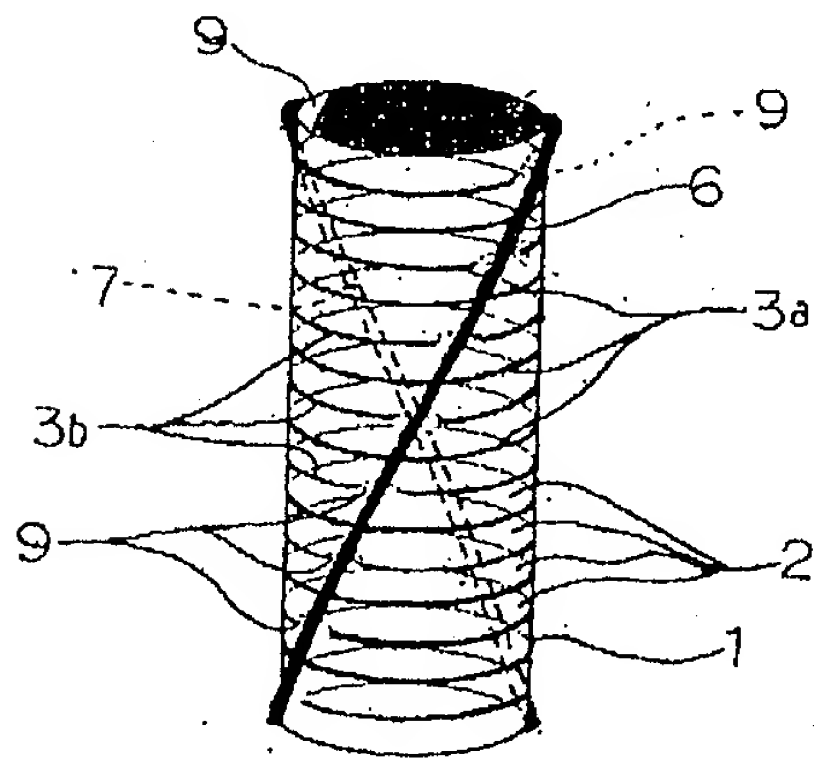
【図5】従来の円柱状積層型圧電アクチュエータを説明するための斜視図である。

【図6】図5の円柱状積層型圧電アクチュエータに電圧を印加した時に生じる変位の模式図である。

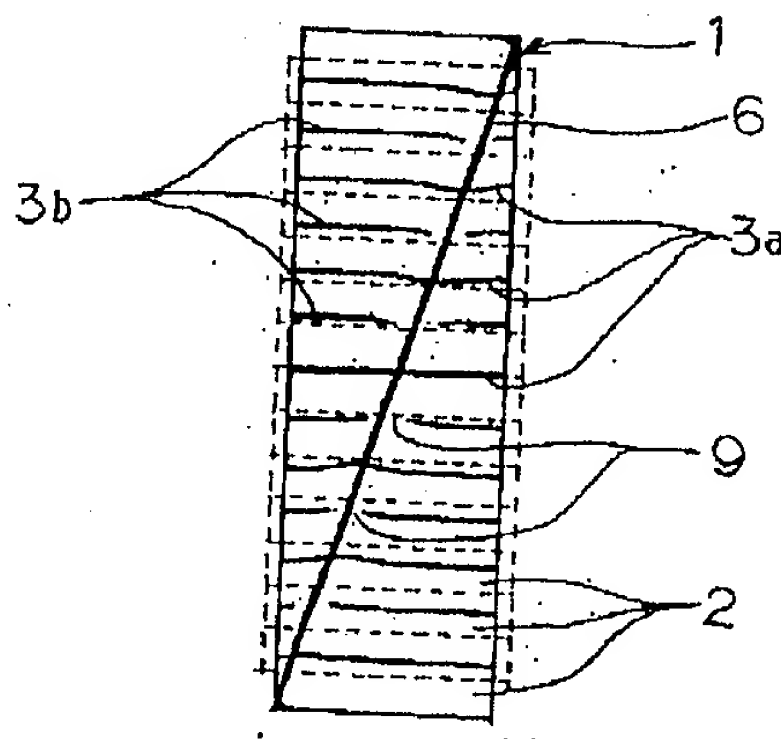
【符号の説明】

- 1・・・柱状積層体
- 2・・・圧電セラミック層
- 3a・・・第1内部電極層
- 3b・・・第2内部電極層
- 6, 7・・・外部電極
- 9・・・無電極部
- 13・・・積層型圧電アクチュエータ

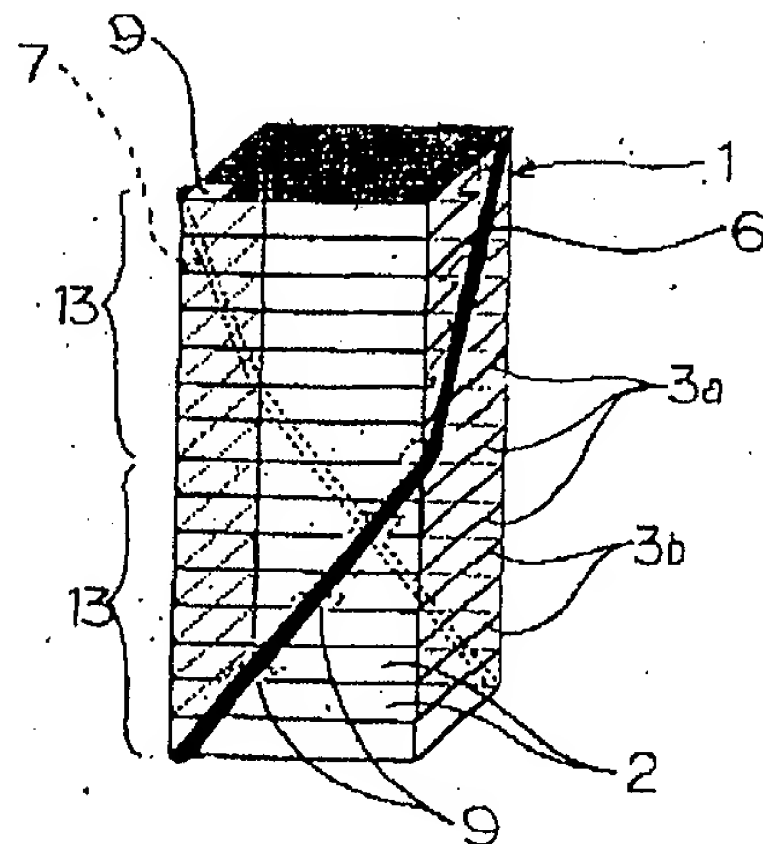
【図1】



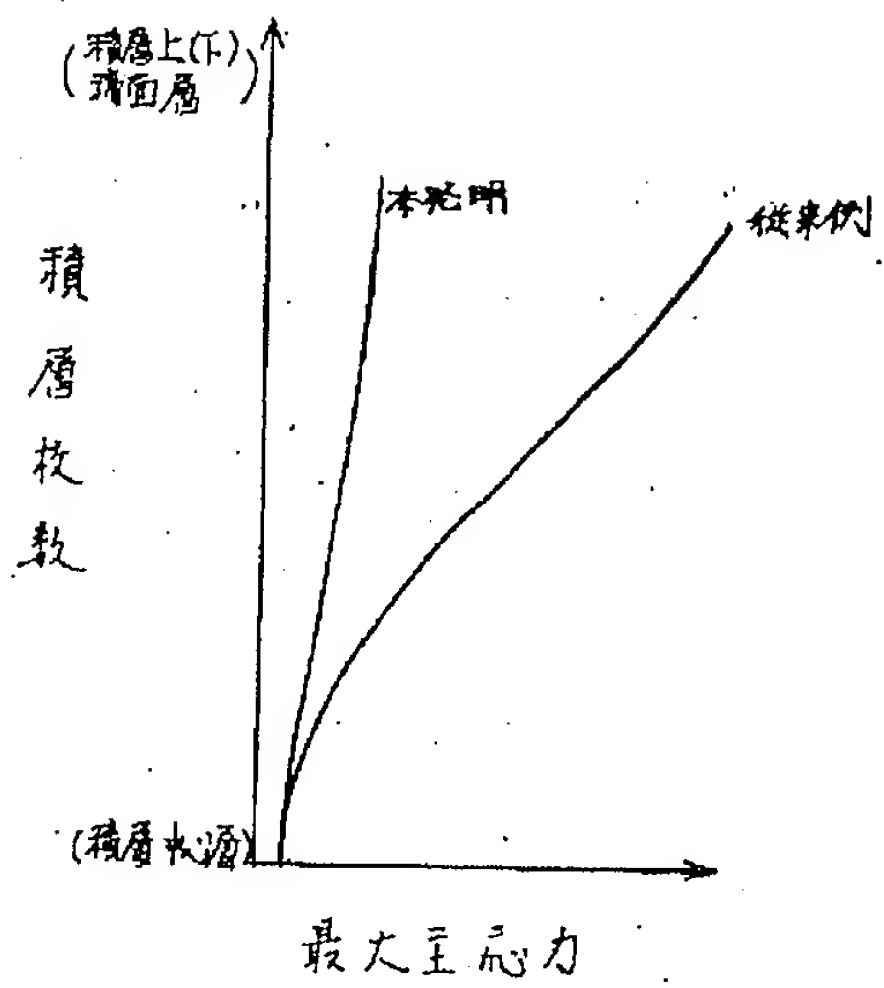
【図2】



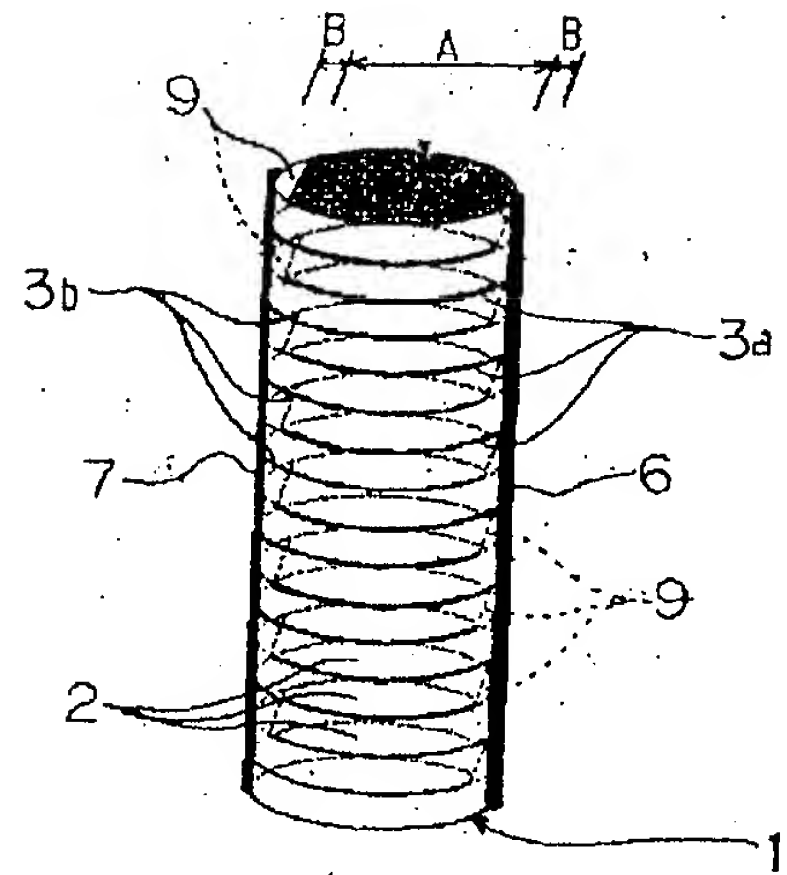
【図4】



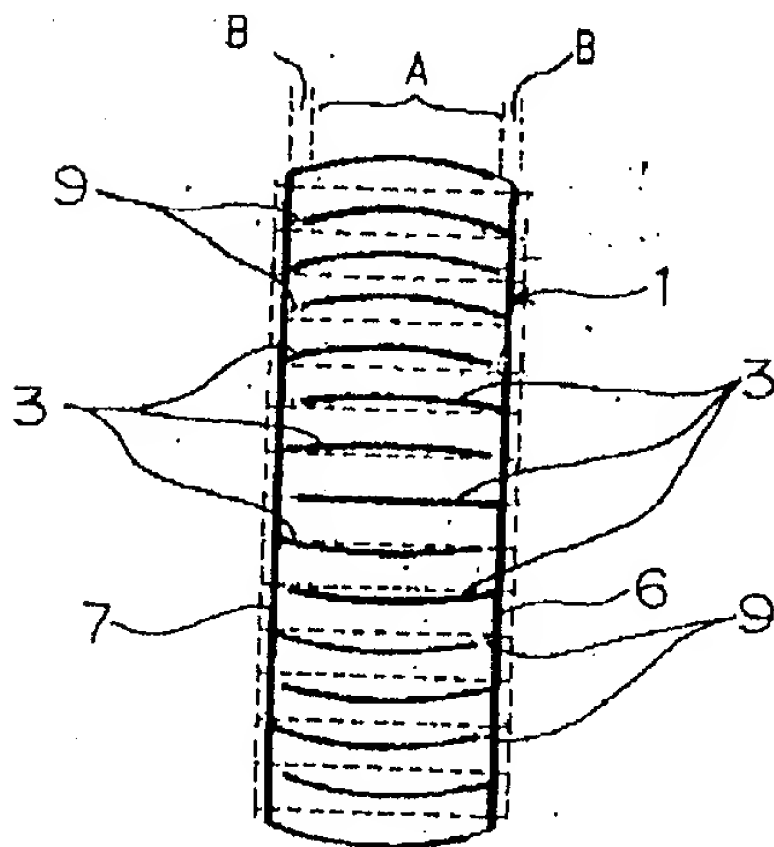
【図 3】



【図 5】



【図 6】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the laminating type electrostrictive actuator used for precision position controls, high-speed position controls, etc., such as an X-Y stage, about a laminating type electrostrictive actuator.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, what used the laminating type ceramic capacitor and the analogous internal electrode as the partial electrode is known as structure of a laminating type electrostrictive actuator. Drawing 5 shows the perspective diagram of such a conventional laminating type electrostrictive actuator, and the sign 1 shows the pillar-shaped layered product. This pillar-shaped layered product 1 carries out the laminating of two or more piezo-electric ceramic layers 2 and two or more internal-electrode layers by turns, and is constituted, and the internal-electrode layer which pinches the piezo-electric ceramic layer 2 internal-electrode [1st] layer 3a Reaches, and consists of 2nd internal-electrode layer 3b. These internal-electrode [1st] layer 3a Reach, and 2nd internal-electrode layer 3b is formed in the shaft orientations of the pillar-shaped layered product 1 by turns.

[0003] And 1st internal-electrode layer 3a is electrically connected by the 1st external electrode 6 formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1, and 2nd internal-electrode layer 3b is electrically connected by the 2nd external electrode 7 formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1. Moreover, it internal-electrode [1st] layer 3a Reaches, and 2nd internal-electrode layer 3b is not formed in some front faces of the piezo-electric ceramic layer 2, but let it be the non-polar zone 9. The portion (activity portion A) which such 1st internal-electrode layer 3a and 2nd internal-electrode layer 3b counter, and the portion (inert segment part B) which does not counter are formed, and when the activity portion A impresses voltage to internal electrodes 3a and 3b, it displaces. the [the 1st external electrode 6 and] -- the 2 external electrode 7 -- the direction of a laminating of the pillar-shaped layered product 1 -- and it is formed linearly

[0004] In such a laminating type electrostrictive actuator, since internal electrodes 3a and 3b and the external electrodes 6 and 7 are connectable the whole monostromatic, it has the feature to which an electrode formation process can make a manufacturing cost cheap very few.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although the activity portion A was displaced in the above laminating type electrostrictive actuators when voltage impression was carried out as shown in drawing 6, the mechanical deflection arose and the inert segment part B had the fault of occurring and being easy to destroy stress concentration, when voltage impression was repeated, in order that a variation rate might not occur but the inert segment part B might suppress the variation rate of the activity portion A.

[0006] Moreover, in the conventional laminating type electrostrictive actuator, stress concentration became remarkably large as it became the both ends of the direction of a laminating from the center section of the pillar-shaped layered product 1, when the number of laminatings was increased in order to obtain a big variation rate since the displacement direction and the formation direction of the external electrodes 6 and 7 were in agreement, and there was a problem of being easy to damage these both ends in ablation etc. For this reason, the number of laminatings was restricted and there was a problem that a big variation rate was hard to be obtained.

[0007] By suppressing the stress concentration generated at the time of a drive in view of this conventional trouble to the minimum, this invention prevents generating of the crack used as the cause of destructive, and aims at offering the long laminating type electrostrictive actuator of a life which does not result in destruction to the slight hauling force at the time of a drive, or the bending moment further.

[0008]

[Means for Solving the Problem] While the laminating type electrostrictive actuator of this invention carries out the laminating of two or more piezo-electric ceramic layers and two or more internal-electrode layers by turns and forms a pillar-shaped layered product It constitutes from 2 internal-electrode layers. the internal-electrode layer which pinches the aforementioned piezo-electric ceramic layer -- the [the 1st internal-electrode layer and] -- It comes spirally to form in the periphery side of the aforementioned pillar-shaped layered product the 2nd external electrode which connects electrically the 1st external electrode and the aforementioned 2nd internal-electrode layers which connect the aforementioned 1st internal-electrode layers electrically, respectively.

[0009]

[Function] Since the external electrode which connects an internal electrode electrically is spirally formed in the periphery side of a pillar-shaped layered product in the laminating type electrostrictive actuator of this invention, The formation directions of the displacement direction of a laminating type electrostrictive actuator and an external electrode will differ.

moreover, the non-polar zone which the end section of an internal electrode does not expose to the periphery side of a pillar-shaped layered product -- the periphery side of a pillar-shaped layered product -- every monostromatic -- being spiral (un-parallel to the direction of a laminating) -- it will be formed and generating stress can be distributed, like structure before, big stress concentration is imitated to one place, and there is no ***** in it

[0010]

[Example] The laminating type electrostrictive actuator of this invention is explained in detail using a drawing. Drawing 1 shows one example of the pillar-like laminating type electrostrictive actuator of this invention, and the sign 1 shows the pillar-shaped layered product. This pillar-shaped layered product 1 carries out the laminating of two or more piezo-electric ceramic layers 2 and two or more internal-electrode layers by turns, and is constituted, and the internal-electrode layer which pinches the piezo-electric ceramic layer 2 internal-electrode [1st] layer 3a Reaches, and consists of 2nd internal-electrode layer 3b. These internal-electrode [1st] layer 3a Reach, and 2nd internal-electrode layer 3b is formed in the shaft orientations of the pillar-shaped layered product 1 by turns.

[0011] The piezo-electric ceramic layer 2 consists of ceramics of for example, a PZT system, and the internal-electrode layers 3a and 3b are formed with silver.

[0012] And 1st internal-electrode layer 3a is electrically connected by the 1st external electrode 6 formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1, and 2nd internal-electrode layer 3b is electrically connected by the 2nd external electrode 7 formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1. the [these 1st external electrodes 6 and] -- the 2 external electrode 7 -- the periphery side of the pillar-shaped layered product 1 -- being spiral (un-parallel to the direction of a laminating) -- it is formed

[0013] That is, it internal-electrode [1st] layer 3a Reaches, and 2nd internal-electrode layer 3b will not be formed in some front faces of the piezo-electric ceramic layer 2, but will be made into the non-polar zone 9, and this non-polar zone 9 will be formed spirally. if it puts in another way -- the connection of internal electrodes 3a and 3b and the external electrodes 6 and 7 -- the periphery side of the pillar-shaped layered product 1 -- little by little -- a position -- changing -- being spiral (un-parallel to the direction of a laminating) -- it is formed

[0014] Such a laminating type electrostrictive actuator carries out the laminating of the electrostrictive ceramics layer 2 to one side of the electrostrictive ceramics layer 2 through a glass paste layer, gives pressurization heat-treatment to it at the temperature which glass fuses, and forms the pillar-shaped layered product 1 in it so that a silver electrode material may be baked, the internal-electrode layers 3a and 3b may be formed with the non-polar zone 9 which is not exposed in the end-face section and the non-polar zone 9 may be rotated 180 degrees respectively spirally the whole layer after that.

[0015] And respectively, a conductive EPOSHIKI system paste is spirally applied to the periphery side of the pillar-shaped layered product 1 which internal electrodes 3a and 3b exposed for every monostromatic, and is heat-treated to it, the external electrodes 6 and 7 which carry out parallel connection of the internal electrodes 3a and 3b electrically the whole monostromatic are formed in it, and the laminating type electrostrictive actuator of this invention is obtained by performing polarization processing after this.

[0016] In the laminating type electrostrictive actuator constituted as mentioned above Since the external electrodes 6 and 7 which connect internal electrodes 3a and 3b electrically are spirally formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1, The non-polar zone 9 which the end section of internal electrodes 3a and 3b does not expose to the periphery side of the pillar-shaped layered product 1 will be spirally formed in the periphery side of the pillar-shaped layered product 1 the whole monostromatic. The formation directions of the displacement direction of a laminating type electrostrictive actuator and the external electrodes 6 and 7 can differ, generating stress can be distributed, like structure before, big stress concentration is imitated to one place, and there is no ***** in it.

[0017] The ** type view of the variation rate produced when voltage is impressed to drawing 2 at the laminating type electrostrictive actuator of this invention is shown. It turns out that stress does not concentrate but it is distributing rather than the conventional example shown in drawing 6 so that I may be understood also from this drawing 2.

[0018] Moreover, between the piezo-electric ceramic layers 2 is not fractured to the weak hauling force or the weak bending moment which are generated at the time of a drive since it joins completely with a glass paste, and reliability improves by leaps and bounds.

[0019] The result which analyzed the maximum principal stress to the laminating number of sheets of the laminating type electrostrictive actuator of this invention shown in drawing 1 and the conventional laminating type electrostrictive actuator shown in drawing 5 to drawing 3 using the finite element method is shown. According to this drawing 3, with the actuator of this invention, the more it makes [many] laminating number of sheets, even if it increases laminating number of sheets, the more it turns out with the conventional actuator that there are very few increases in the maximum principal stress, it is hard coming to fracture them, and the long laminating type electrostrictive actuator of a life is obtained to the maximum principal stress at the time of a drive becoming remarkably large, and becoming easy to fracture. That is, as shown in drawing 2, stress concentration used as the source of destruction can also be made small by changing the state of a mechanical deflection and making it small.

[0020] In addition, the laminating of two or more units which consist of a laminating type electrostrictive actuator of this invention may be carried out to shaft orientations, and adhesion fixation of these units may be carried out on the whole surface of a contact interface.

[0021] this invention person etc. is a book.

[0022] the example 1 of an experiment -- first -- titanate-acid lead zirconate $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ The electrostrictive ceramics which consists of a system was produced the diameter of 18mm, and in the shape of [of 0.35mm of board thickness] a disk, with the non-polar zone which is not exposed on the one side at the end-face section, the silver electrode material was baked and the internal electrode was formed. Then, the laminating of the electrostrictive ceramics was carried out through the glass

paste layer, pressurization heat-treatment for about 20 minutes was given at the temperature of 550 degrees C which glass fuses, and the pillar-shaped layered product of 140 layers was obtained so that the non-polar zone might be spirally rotated 180 degrees respectively the whole layer from one layer to 140 layers.

[0023] The conductive EPOSHIKI system paste was respectively applied to the periphery side of the pillar-shaped layered product which the internal electrode exposed for every monostromatic, the external electrode which hardens on 180-degree-C conditions of 1 hour, and carries out parallel connection of the internal electrode electrically the whole monostromatic was formed in it, and polarization processing was performed after this.

[0024] And when the pressurization of 10kPa(s) was applied to the shaft orientations of the obtained laminating type electrostrictive actuator and the voltage of DC300V was impressed, the variation rate of 48 micrometers was obtained. It is 108 as a result of carrying out a continuation drive by the triangular wave with a frequency [of 0-300V] of 20Hz under the aforementioned condition. Property degradation of generating displacement was not accepted in the time.

[0025] On the other hand, the laminating type electrostrictive actuator of 140 layers of structure was produced conventionally which is shown in drawing 1 using the electrostrictive ceramics layer mentioned above. It experimented like the above using this conventional laminating type electrostrictive actuator. Although the variation rate of 48 micrometers was obtained to voltage impression of DC300V, it sets to a continuation drive, and it is about 104-106. The variation rate fell rapidly in the time and it resulted in destruction.

[0026] Therefore, in this example, it turns out that the reliability over a continuation drive is conventionally improved greatly compared with structure.

[0027] Example of experiment 2 titanate-acid lead zirconate $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ The electrostrictive ceramics which consists of a system was produced 10mm angle and in the shape of [of 0.35mm of board thickness] ****, the silver electrode was burned with the non-polar zone which is not exposed on the one side at the end-face section, and the internal electrode was formed. Each class, the position of ** is shifted and the same non-polar zone also as the side which counters is spirally formed the whole monostromatic so that the non-polar zone may be formed on the diagonal line in the layered product side spirally for every monostromatic.

[0028] The pillar-shaped layered product of 70 layers which has such structure was produced, the external electrode was spirally formed in the portion which the internal electrode exposed for every monostromatic, and parallel connection of the internal electrode was carried out electrically the whole monostromatic. Such two laminating type electrostrictive actuators of 70 layers were produced, these were joined to shaft orientations with two-piece glass, the external electrode of two more laminating type electrostrictive actuators was connected electrically, and polarization processing was performed after that.

[0029] Explanatory drawing of this state is shown in drawing 4. In this drawing 4, the sign 13 shows the laminating type electrostrictive actuator of one unit, and these laminating type electrostrictive actuators 13 are joined with glass.

[0030] When the pressurization of 10kPa(s) was applied to the shaft orientations of the obtained laminating type electrostrictive actuator and the voltage of DC300V was impressed, the variation rate of 47 micrometers was obtained. It is 108 as a result of carrying out a continuation drive by the triangular wave with a frequency [of 0-300V] of 20Hz under the aforementioned condition. Property degradation of generating displacement was not accepted in the time.

[0031]

[Effect of the Invention] Since this invention is formed to the periphery side of a pillar-shaped layered product spirally [the external electrode which connects an internal electrode electrically] as explained above, The formation directions of the displacement direction of a laminating type electrostrictive actuator and an external electrode will differ. Moreover, the non-polar zone which the end section of an internal electrode does not expose to the periphery side of a pillar-shaped layered product will be spirally formed in the periphery side of a pillar-shaped layered product the whole monostromatic. Generating stress can be distributed, big stress concentration is imitated to one place like structure before, there is no *****, the stress concentration generated at the time of a drive can be suppressed to the minimum, and the destructive phenomenon at the time of a repeat drive can be improved sharply. So, a reliable laminating type electrostrictive actuator can be offered.

[Translation done.]